

PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G01T 1/20, H01J 29/38	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 99/38031 (43) Date de publication internationale: 29 juillet 1999 (29.07.99)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/00149 (22) Date de dépôt international: 26 janvier 1999 (26.01.99) (30) Données relatives à la priorité: 98/00850 27 janvier 1998 (27.01.98) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): THOMSON-CSF (FR/FR); 173, boulevard Haussmann, F-75008 Paris (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): LAUGIER, Roger [FR/FR]; Thomson-CSF Propriété Intellectuelle, 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR). (74) Mandataire: THOMSON-CSF PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE; Département Brevets, 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).	(81) Etats désignés: CN, IN, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>	

(54) Title: PHOTSENSITIVE MATRIX ELECTRONIC SENSOR

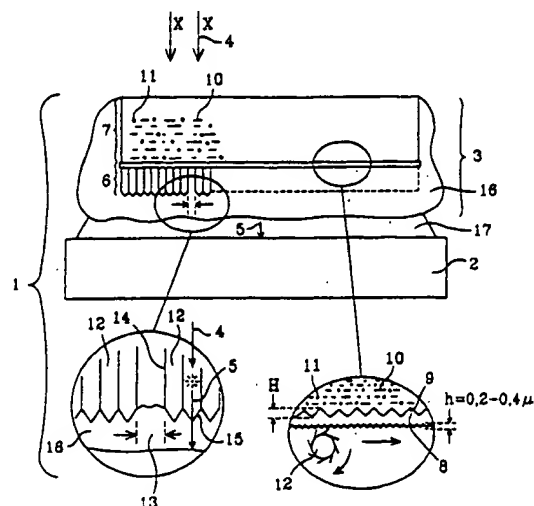
(54) Titre: CAPTEUR ELECTRONIQUE MATRICIEL PHOTOSENSIBLE

(57) Abstract

The invention concerns a photosensitive matrix sensor comprising a caesium iodide Csl faceplate (6) mounted on a graphite base (7) for transforming high frequency radiation, X-rays, and low frequency radiation, in the visible spectrum. It is demonstrated that if the Csl is increased on such a graphite base a sensor with much better resolution and much better sensitivity is obtained than if a gadolinium oxysulphide scintillator is used. Moreover, precautions for preparing graphite can be taken which consist in making the graphite surface denser. Thus it can be coated with an amorphous carbon layer (8) and be subjected to impregnation (11). Said densification contributes towards providing the sensor with homogeneity. The Csl is then protected by means of a synthetic resin layer (16) associated with a liquid resin layer (17) for optical coupling with a detector (2).

(57) Abrégé

Un capteur (1) matriciel photosensible comporte une dalle (6) d'iodure de césium Csl montée sur un socle (7) en graphite pour transformer des rayonnements haute fréquence, rayonnements X, en des rayonnements basse fréquence, dans le spectre visible. On montre que si on fait croître le Csl sur un tel socle en graphite on obtient un capteur avec une bien meilleure résolution et une bien meilleure sensibilité que si on utilise un scintillateur à l'oxysulfure de gadolinium. Des précautions de préparation du graphite peuvent en outre être prises consistant à rendre la surface du graphite plus dense. On peut ainsi le recouvrir d'une couche (8) de carbone amorphe et/ou lui faire subir une imprégnation (11). Cette densification contribue à l'homogénéité du capteur. La protection du Csl d'effectue ensuite au moyen d'une couche (16) en résine de synthèse associée à une couche (17) de résine liquide de couplage optique avec un détecteur (2).



CAPTEUR ELECTRONIQUE MATRICIEL PHOTOSENSIBLE

La présente invention concerne un capteur électronique matriciel photosensible. Elle concerne plus particulièrement les capteurs de rayonnements X. Elle a pour objet d'améliorer les performances de ce type de capteurs.

5 On connaît, dans le domaine des capteurs électroniques de rayonnements X, les écrans intensificateurs d'image radiologique disposés en regard d'un détecteur et recevant sur une autre face un rayonnement X. On connaît également dans le domaine de la médecine nucléaire des scintillateurs pour transformer des rayonnements gamma (ou des
10 rayonnements X) en des rayonnements visibles détectables par un détecteur. Les détecteurs les plus communément utilisés sont, dans le domaine de la radiologie, des caméras avec cible ou des barrettes assemblées de dispositifs à transfert de charge (CCD). Dans le domaine de la médecine nucléaire, on utilise également des arrangements de tubes
15 photomultiplicateurs reliés par ailleurs à un circuit électronique de barycentration. Tous ces capteurs avec des détecteurs incapables de détecter directement des rayonnements X sont associés à des scintillateurs chargés de transformer les rayonnements X en des rayonnements dans le spectre approximativement visible.

20 Le matériau utilisé pour effectuer la transformation, le matériau du scintillateur, est normalement de l'oxysulfure de gadolinium. Celui-ci est utilisé sous forme d'un dépôt mince, typiquement de 50 à 300 micromètres. Ce dépôt est constitué de particules de ce matériau assemblées par un liant. L'émission de lumière visible dans toute l'épaisseur, et toutes les directions,
25 de ce matériau entraîne une perte de sensibilité et une perte de pouvoir résolvant du détecteur, et donc du capteur.

On a donc déjà proposé de déposer un film (plastique) contenant de l'oxysulfure de gadolinium sur un détecteur matriciel d'image lumineuse,

ce dernier étant constitué par un circuit-intégré au silicium.

L'iodure de césium, CsI, dopé au thallium, en aiguillettes, offre une alternative intéressante pour un rendement lumineux supérieur associé à un effet de guide d'onde des aiguillettes dont les dimensions typiques des sections vont de 3 à 6 micromètres. Ce matériau est classiquement utilisé dans les intensificateurs d'image radiologique, en revêtement d'un écran d'entrée qui est en général constitué par une feuille d'aluminium bombé. On connaît aussi des réalisations dans lesquelles une galette de fibres optiques est recouverte par un tel matériau. Les aiguillettes sont orientées perpendiculairement à la surface du support qui les porte. Elles ne sont jointes que partiellement les unes aux autres. Elles offrent ainsi une porosité de 20 à 25%. Ces pores remplis d'air, associés à l'indice de réfraction favorable du CsI (1,78) apportent une canalisation des photons visibles émis dans chaque aiguillette et donnent une sensibilité et un pouvoir résolvant plus élevés.

Cependant des difficultés d'utilisation du CsI, par rapport à l'oxysulfure de gadolinium subsistent. On connaît notamment l'inconvénient que le CsI s'hydrate rapidement à l'air ambiant aux humidités habituelles. Cette prise d'eau a pour effet de dégrader l'image obtenue avec le capteur. Elle provoque un effet de halo dans un premier temps. Puis cette humidification dégrade de manière irréversible les aiguillettes avec une perte conséquente de rendement lumineux et de pouvoir résolvant du capteur. A noter que cet inconvénient ne se rencontre pas dans les tubes intensificateurs d'image radiologique puisque le CsI est dans le tube à vide.

D'autre part le thallium, bien que présent en faibles quantités dans les aiguillettes, est fortement toxique. La faible tenue mécanique du CsI provoque alors des poussières et des déchets dont l'élimination doit être scrupuleusement contrôlée. Dans certains cas, la passivation du CsI dopé au thallium est obtenue par vaporisation d'une couche d'aluminium à la surface du scintillateur.

À cause de sa faible tenue mécanique, le CsI doit être déposé sur

un support rigide. La flexion du support entraînerait en effet des défauts visibles à l'image. Ce support doit par ailleurs normalement subir, sans se déformer, un traitement thermique de diffusion du thallium à une température de l'ordre de 300°.

5 Dans les intensificateurs d'image radiologiques, le support est en aluminium, parfois associé à du carbone amorphe, ou même remplacé par du carbone amorphe en raison de la résistance très élevée de ce matériau.

En dehors des réalisations de tubes intensificateurs d'image, il a été envisagé de déposer l'iodure de césium sur du béryllium. Cependant ce
10 matériau présente l'inconvénient d'être excessivement onéreux.

L'invention a pour objet de résoudre ces problèmes en préconisant de faire croître une couche de Csl sur un socle constitué par un bloc de graphite usiné, ayant de préférence la particularité de présenter une rugosité de surface faible. De préférence dans l'invention le graphite utilisé
15 est un socle ayant subi, à sa surface, une étape de densification pour en éliminer les porosités naturelles liées au graphite. Par ailleurs cette couche ainsi rendue plus dense est de préférence ensuite rectifiée pour lui donner une rugosité faible. On a alors pu constater que, déposé en phase gazeuse, le Csl adopte une croissance tout à fait intéressante : les aiguillettes sont
20 régulièrement espacées et la surface du scintillateur ainsi réalisée est quasiment plane malgré les défauts liés à la rugosité du graphite.

Si on ne fait pas subir au socle l'opération de densification, il résulte dans le capteur réalisé des différences de sensibilité. On peut tenter de s'en arranger. Par exemple, si la surface de graphite est striée (par
25 exemple par des traits parallèles) on reconnaît dans l'image obtenue après fonctionnement du capteur la présence de ces stries. Il est possible, notamment dans le domaine de la médecine nucléaire, de corriger par un traitement logiciel les différences de sensibilité relatives aux différents endroits. Dans un perfectionnement selon l'invention, on limite l'importance
30 de cette correction par l'opération de densification et/ou l'opération de rectification.

Dans tous les cas, la présence du socle en graphite apporte la solution aux problèmes de dilatation différentielle se produisant lors de la diffusion du thallium.

Le graphite, tel que compris dans la présente invention, est un
5 matériau différent du carbone amorphe en ce sens qu'il a une structure physique poreuse, au contraire du carbone amorphe qui est très dense. Le graphite est usinable avec des outils métalliques, alors que le carbone amorphe est usinable pratiquement seulement avec des outils diamantés.

C'est pourquoi, dans l'application envisagée ici, qui est le dépôt
10 d'iodure de césium sur un support usiné destiné à être placé devant un détecteur d'image matriciel, il s'avère particulièrement intéressant d'utiliser un bloc de graphite comme support.

Le graphite a le plus souvent une structure non seulement poreuse mais lamellaire, qui facilite encore plus son usinage, au contraire du
15 carbone amorphe, dont la structure est essentiellement isotrope.

Le graphite est obtenu en principe par compression de poudre de carbone à haute température, alors que le carbone amorphe résulte de la décomposition en phase gazeuse (craquage) aboutissant à une croissance de revêtements plus ou moins épais sur un support de départ. Il est donc
20 plus facile de réaliser des blocs usinables à partir de graphite, alors qu'il paraît plus facile de réaliser des revêtements de carbone amorphe sur des surfaces telles que les surfaces bombées d'écrans d'entrée d'intensificateurs d'image radiologique.

L'invention a donc pour objet un capteur électronique matriciel
25 photosensible comportant un détecteur d'image matriciel surmonté d'un scintillateur pour transformer un rayonnement électromagnétique haute fréquence, typiquement un rayonnement X, en un rayonnement basse fréquence, typiquement un rayonnement du domaine visible, caractérisé en ce que le scintillateur comporte une dalle en iodure de césium portée par un
30 socle en graphite disposé du côté où le rayonnement haute fréquence est reçu.

Elle a également pour objet un procédé de fabrication d'un capteur, caractérisé en ce que

- on réalise un socle en graphite devant servir de support à un scintillateur,
- 5 - on rectifie le socle de graphite,
- on dépose en phase gazeuse de l'iodure de césium sur le socle en graphite,
- on dope le dépôt d'iodure de césium au thallium,
- on dépose en phase gazeuse sous vide une couche en une
- 10 résine de synthèse sur le dépôt d'iodure de césium,
- on dépose une couche résine de couplage optique liquide sur la couche en résine de synthèse,
- on plaque un détecteur contre la couche de résine de couplage optique liquide.

15 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Celles-ci ne sont données qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention. Les figures montrent :

- figure 1 : la représentation schématique de la structure du capteur selon l'invention ;
- 20 - figure 2 : une représentation schématique d'une machine utilisée pour mettre en œuvre un procédé de passivation de la couche d'iodure de césium.

La figure 1 montre, selon l'invention, un capteur 1 électronique photosensible, de préférence matriciel. Le capteur 1 comporte un détecteur

25 2 surmonté d'un scintillateur 3. Le but de ce capteur est de transformer un rayonnement X 4 ou un autre rayonnement haute fréquence (qui pourraient également être un rayonnement gamma) en un rayonnement basse fréquence 5. Le rayonnement 5 peut ainsi être émis dans le spectre visible. Le rayonnement 5 est alors détectable par un détecteur 2. Le détecteur 2

30 peut être un détecteur classique. Dans un exemple préféré, le détecteur 2 est du type CCD, comme indiqué ci-dessus. Chaque barrette de dispositif

CCD forme une ligne de points de détection. Des barrettes accolées servent à former les différentes lignes d'une image matricielle.

Le capteur comporte essentiellement une dalle 6 en iodure de césium portée par un socle 7 en graphite. Le socle est disposé du côté où le rayonnement X est reçu. Le graphite utilisé selon l'invention est de préférence du graphite à structure lamellaire obtenu par compression de poudre de carbone à chaud. Ce type de graphite est peu coûteux à réaliser, et surtout peu coûteux à usiner car il peut être usiné avec des outils métalliques, alors que les structures de matériaux à base de carbone amorphe ne peuvent être usinées qu'avec des outils diamantés.

Le matériau utilisé se présente donc sous la forme de petites lamelles 10 agglomérées, empilées bout à bout et au-dessus les unes des autres. L'épaisseur du socle 7, dans un exemple est de l'ordre de 500 micromètres. Dans le cas où le scintillateur serait plus grand, on peut aller jusqu'à 800 ou 2000 micromètres. On peut descendre jusqu'à 200 micromètres s'il est plus petit. Le graphite apporte, en plus de sa bonne perméabilité aux rayonnements X, l'avantage d'être noir, c'est à dire d'absorber les rayonnements visibles émis dans sa direction par le scintillateur et qui contribuent plus à faire baisser le pouvoir de résolution du capteur qu'à augmenter sa sensibilité. Dans un exemple préféré, la qualité du graphite du socle 7 sera telle que la taille des grains, la longueur des lamelles, sera inférieure à 5 micromètres, de préférence de l'ordre de ou inférieur à 1 micromètre. On a remarqué en effet que, si l'anisotropie naturelle du graphite n'était pas contrôlée, elle conduisait à disposer de grains de 20 micromètres. Dans ce cas, la qualité de régularité de l'épaisseur de la dalle 6 en Csl était moins bonne, elle demandait plus de corrections logicielles.

Le socle 7 est de préférence recouvert, pour être densifié en surface, par une couche de carbone amorphe 8. La couche de carbone amorphe 8, dont l'épaisseur est de l'ordre de 3 à 20 micromètres, permet de combler des trous 9 présents à la surface du socle 7 du fait de sa porosité.

Les atomes de la couche en carbone 8 se distinguent de ceux du socle 7 en ce que, dans la couche 7, la porosité est plus grande et les particules de carbone-graphite sont orientées. La couche 8 de carbone amorphe est une couche plus dense et non structurée c'est-à-dire qu'elle n'est pas polycristalline : les atomes y sont agrégés les uns sur les autres sans organisation. Cette couche de carbone amorphe est par exemple déposée en phase vapeur sous vide sur le socle 7.

En variante, ou en complément, la couche 7 en graphite peut subir préalablement, à l'endroit où devra croître la couche 6 d'iodure de césium, une densification par imprégnation. Une telle imprégnation est par exemple obtenue en recouvrant la face du socle 7 de graphite destinée à recevoir l'iodure de césium d'un film en une résine organique. On soumet ensuite cet ensemble à une très haute température (1000°). Cela a pour effet de casser la résine, de séparer dans la résine les atomes de carbone des atomes d'hydrogène ou autres corps auxquels ils sont liés. Ces impuretés sont ainsi naturellement évacuées par évaporation. La haute température a également pour effet de faire migrer par diffusion les atomes de carbone dans les espaces 11 de porosité du socle 7. Pour densifier encore plus la surface utile du socle 7, cette opération d'imprégnation peut être répétée plusieurs fois afin d'augmenter le caractère compact. Dans un exemple elle est effectuée quatre fois de suite.

Comme cela a été indiqué si dessus, il peut être décidé de ne pas préparer trop correctement la surface du graphite. On accepte dans ce cas de reporter l'essentiel de la correction des images obtenues sur un traitement logiciel consécutif à leur obtention. Dans l'invention de préférence, on provoque, en particulier après densification, une rectification de la surface de graphite avec un outil 12 de rectification. Typiquement, l'action de rectification enlève une petite épaisseur de 5 à 10 micromètres de la couche supérieure du socle 7 ou de la couche 8 le cas échéant. Le dépôt de la couche 8 peut avoir lieu avant ou après la rectification. Il en résulte une rugosité h de l'ordre de 0,2 à 0,4 micromètres, alors que sans

rectification la rugosité naturelle H, notamment sans densification, peut atteindre 130 micromètres, en particulier si la taille des grains du graphite est de l'ordre de 20 micromètres.

Puis on fait croître le Csl en agissant d'une manière conventionnelle. On obtient alors des aiguillettes 12 dont la dimension de la section est de l'ordre de 3 à 6 micromètres de diamètre. Les sections des aiguillettes 12 peuvent être de différentes tailles comme cela apparaît sur la figure 1. Dans un exemple, les aiguillettes 12 sont séparées les unes des autres, aléatoirement, par un espace 13 valant entre 1 à 3 micromètres. Cet espace permet de constituer, avec les aiguillettes 12, une face 14 de changement de milieu. La présence de cette face 14 associée à l'indice de réfraction favorable du Csl conduit à un fonctionnement en fibre optique des aiguillettes 12. Autrement dit, les transformations de rayonnement, les scintillations qui se produisent dans une aiguillette 12, retentissent en un rayonnement 5 qui va être guidé. Si ce rayonnement est orienté à son émission vers le détecteur 2, il sort normalement des aiguillettes 12 par leur sommet 15. Par contre si ce rayonnement 5 est oblique, il se réfléchit, à l'intérieur des aiguillettes 12 sur la face 14 et finit par sortir par le sommet 15. La partie émise vers le socle est absorbée par le socle 7 noir. Dans un exemple, la couche 6 de Csl a une épaisseur comprise entre 100 à 300 micromètres. Typiquement, elle mesure 180 micromètres.

Puis la couche 6 est elle-même dopée au thallium d'une manière classique.

Enfin, la couche 6 de Csl dopé est recouverte d'une couche 16 de passivation. Par rapport à l'état de la technique dans lequel la couche 16 de passivation était un gel de silicone, s'agissant de l'oxysulfure de gadolinium, l'invention préconise de réaliser la couche de passivation 16 sous la forme d'une résine de synthèse polymérisée transparente. Cette résine polymérisée présentant l'avantage d'être plus étanche et d'empêcher les évaporations des poussières de Csl ou de thallium, présente cependant l'inconvénient de ne pas conduire à une surface externe parfaitement lisse.

Dans l'invention, on associe alors à la couche 16 de passivation une couche 17 de résine liquide de couplage optique avec le détecteur 2. De cette façon, on obtient une bonne étanchéité d'évaporation du thallium sans nuire au rendement du capteur.

5 La figure 2 montre une machine utilisable pour réaliser la couche 16 de passivation. Cette machine comporte trois cellules reliées ensemble. Dans une première cellule 18, le matériau pour réaliser la résine est introduit brut. Dans un exemple préféré ce matériau est du di-para-xylylène. Ce matériau est vaporisé dans la cellule 18 à une température de 175° sous
10 une pression de un torr (un millimètre le mercure). La première cellule 18 est en relation avec une deuxième cellule 19 dans laquelle le matériau vaporisé est soumis à une pyrolyse. Par exemple la vapeur de di-para-xylylène est chauffée à 680° sous une pression de 0, 5 torr. Soumis à cette contrainte le di-para-xylylène se casse et se transforme en para-xylylène monomère. Le
15 para-xylylène ainsi préparé est introduit à température ambiante et sous une très faible pression de 0,1 torr dans une troisième cellule 20 où il est diffusé en couche 16 sur les aiguillettes 12 de la couche 6. Le para-xylylène se recombine alors pour former un polymère poly-para-xylylène par condensation. Cette condensation conduit à réaliser des ponts au-dessus
20 des espaces 13 de porosité de la couche de Csl sans pénétrer dans les intervalles.

Il est possible d'utiliser une résine de synthèse autre que la résine désignée ci-dessus. Celle-ci présente cependant l'avantage de bien adhérer au Csl d'une part et, d'autre part, de permettre la constitution des ponts au-
25 dessus des espaces 13 sans venir combler ces espaces. De préférence, la résine utilisée devra avoir un indice de réfraction compris entre 1,78 et 1,45. De ce fait, cette résine ayant un indice inférieur à celui du Csl forme, à la liaison avec celui-ci, une couche antireflet. Dans un exemple la couche 16 a une épaisseur de 1 à 25 micromètres.

30 Sur la couche 16 de passivation on répand ensuite la couche 17 de résine liquide (et qui le reste) pour assurer un bon couplage optique.

Cette résine a de préférence un indice de réfraction inférieur à 1,45. Elle est par exemple du type de celles utilisées dans la constitution des cellules à cristaux liquides. L'épaisseur de la couche 17 est du même ordre que celle de la couche 16.

- 5 Le détecteur 2 est ensuite fixé au socle 7 par des moyens mécaniques classiques.

REVENDICATIONS

1 – Capteur électronique matriciel photosensible comportant un détecteur matriciel d'image (2) surmonté d'un scintillateur (3) pour transformer un rayonnement électromagnétique haute fréquence (4), typiquement un rayonnement X, en un rayonnement basse fréquence (5),
5 typiquement un rayonnement du domaine visible, caractérisé en ce que le scintillateur comporte une dalle (6) en iodure de césium portée par un socle (7) en graphite disposé du côté où le rayonnement haute fréquence est reçu.

2 – Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le socle du scintillateur est en graphite dont la taille des grains est inférieure à
10 5 micromètres, de préférence inférieure ou égale à 1 micromètre.

3 – Capteur selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le socle est en graphite recouvert d'une couche (8) de carbone amorphe.

4 – Capteur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en
15 ce que le socle est en graphite imprégné par du carbone.

5 – Capteur selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la dalle du scintillateur est isolée d'un milieu ambiant par une couche (16) de passivation en une résine de synthèse, de préférence du type poly-para-xylylène, elle-même recouverte d'une couche de couplage optique
20 liquide (17).

6 – Capteur selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'indice de réfraction de la résine de la couche de passivation est compris entre 1,78 et 1,45 pour former une couche antireflet.

7 – Capteur selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en
25 ce que

- le socle de graphite a une épaisseur de 200 à 2000 micromètres, typiquement 500 à 800 micromètres,

- la dalle d'iodure de césium a une épaisseur de 100 à 300 micromètres, typiquement de 180 micromètres, et

- la couche de passivation en résine a une épaisseur de 1 à 25 micromètres.
- 8 – Procédé de fabrication d'un capteur, caractérisé en ce que
 - on réalise un socle en graphite devant servir de support à un
 - 5 scintillateur,
 - on rectifie le socle de graphite,
 - on dépose en phase gazeuse de l'iodure de césium sur le socle en graphite,
 - on dope le dépôt d'iodure de césium au thallium,
 - 10 - on dépose en phase gazeuse sous vide une couche en une résine de synthèse sur le dépôt d'iodure de césium,
 - on dépose une couche de résine de couplage optique liquide sur la couche en résine de synthèse,
 - on plaque un détecteur contre la couche de résine de couplage
 - 15 optique liquide.
- 9 – Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que
 - on traite la surface du graphite avant ou après rectification par dépôt d'une couche de carbone amorphe.
- 10 - Procédé selon la revendication 8 ou la revendication 9,
- 20 caractérisé en ce qu'on traite la surface du graphite avant rectification par imprégnation.

1/1

FIG.1

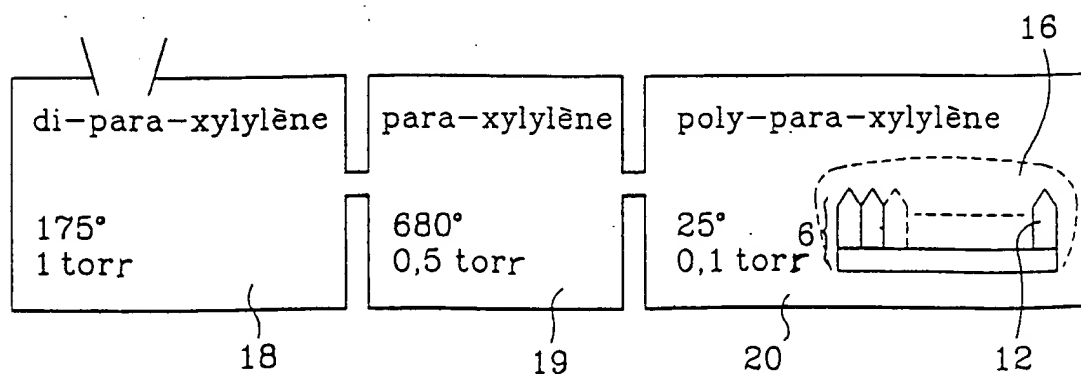
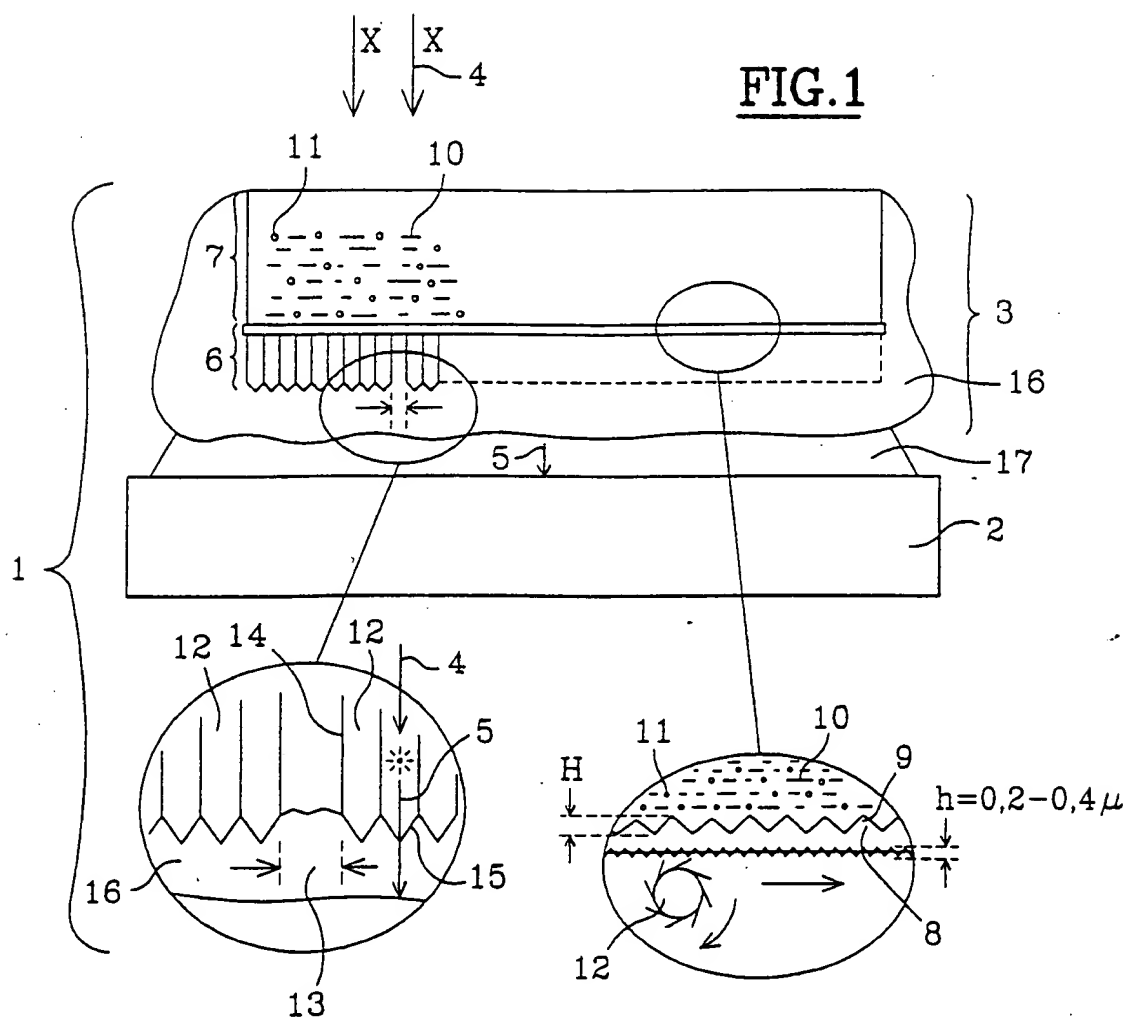


FIG.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 99/00149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01T1/20 H01J29/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G01T H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 713 824 A (SIEMENS AG) 16 June 1995 see page 3, line 20 - page 4, line 35; figures 2,3 ---	1
X	FR 2 301 088 A (SIEMENS AG) 10 September 1976 see page 3, line 14 - line 30 see page 5, line 26 - page 6, line 13; figure 1 ---	1
A	EP 0 403 802 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 27 December 1990 see column 6, line 2 - line 41 see column 6, line 56 - column 7, line 10 see column 11, line 30 - line 32 see column 12, line 2 - line 52; figures 2,7 -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 April 1999

Date of mailing of the international search report

04/05/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Anderson, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. Internationale No
PCT/FR 99/00149

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 6 G01T1/20 H01J29/38		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 6 G01T H01J		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 713 824 A (SIEMENS AG) 16 juin 1995 voir page 3, ligne 20 - page 4, ligne 35; figures 2,3	1
X	FR 2 301 088 A (SIEMENS AG) 10 septembre 1976 voir page 3, ligne 14 - ligne 30 voir page 5, ligne 26 - page 6, ligne 13; figure 1	1
A	EP 0 403 802 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 27 décembre 1990 voir colonne 6, ligne 2 - ligne 41 voir colonne 6, ligne 56 - colonne 7, ligne 10 voir colonne 11, ligne 30 - ligne 32 voir colonne 12, ligne 2 - ligne 52; figures 2,7	1
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "Z" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 27 avril 1999		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/05/1999
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Anderson, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demi Internationale No
PCT/FR 99/00149

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 G01T1/20 H01J29/38

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 G01T H01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 713 824 A (SIEMENS AG) 16 juin 1995 voir page 3, ligne 20 - page 4, ligne 35; figures 2,3 ---	1
X	FR 2 301 088 A (SIEMENS AG) 10 septembre 1976 voir page 3, ligne 14 - ligne 30 voir page 5, ligne 26 - page 6, ligne 13; figure 1 ---	1
A	EP 0 403 802 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 27 décembre 1990 voir colonne 6, ligne 2 - ligne 41 voir colonne 6, ligne 56 - colonne 7, ligne 10 voir colonne 11, ligne 30 - ligne 32 voir colonne 12, ligne 2 - ligne 52; figures 2,7 -----	1

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *A* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 avril 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

04/05/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Anderson, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem: Internationale No
PCT/FR 99/00149

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2713824 A	16-06-1995	DE 4342219 A	14-06-1995
		JP 7209495 A	11-08-1995
FR 2301088 A	10-09-1976	DE 2505991 A	26-08-1976
		US 4079258 A	14-03-1978
EP 0403802 A	27-12-1990	JP 3022325 A	30-01-1991
		JP 3062437 A	18-03-1991
		DE 69030464 D	22-05-1997
		DE 69030464 T	23-10-1997
		US 5029247 A	02-07-1991

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem: Internationale No

PCT/FR 99/00149

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2713824 A	16-06-1995	DE 4342219 A JP 7209495 A	14-06-1995 11-08-1995
FR 2301088 A	10-09-1976	DE 2505991 A US 4079258 A	26-08-1976 14-03-1978
EP 0403802 A	27-12-1990	JP 3022325 A JP 3062437 A DE 69030464 D DE 69030464 T US 5029247 A	30-01-1991 18-03-1991 22-05-1997 23-10-1997 02-07-1991

Photosensitive matrix electronic sensor

The present invention relates to a photosensitive matrix electronic sensor and more particularly to the sensors for X-rays. The object of the present invention is to improve the performances of the sensors of this type.

In the field of electronic sensors for X-rays, the screens of radiographical imaging intensifiers which are disposed on the side of a detector and receives X-rays on another face, are known. In the field of nuclear medicine, scintillators for converting gamma rays (or X-rays) to rays of visible light detectable with a detector are also known. In the field of radiology, the commonly used detectors are cameras equipped with a target or assembled straps for charged-coupled device (CCD). Arrangements of photomultiplying tubes connected to an electronic circuit for barycentration are also used in the field of nuclear medicine. All these sensors which are equipped with detectors incapable of directly detecting X-rays are combined with scintillators which can convert X-rays to rays of the approximately visible light.

The material used for achieving the conversion, that is, the material used for the scintillator, is normally gadolinium oxysulfide. Gadolinium oxysulfide is used in the form of a thin deposited film ranging typically from 50 to 300 micrometers in thickness. This film is made of particles of this material in combination with an adhesive. The emission of visible light in the whole thickness and all this directions of this material

causes a loss of sensitivity and resolving power of the detector, and hence a loss of those of the sensor.

The deposition of a film (plastic) containing gadolinium oxysulfide on a matrix detector of light image has already been proposed. The matrix detector in this case comprises an integrated circuit on silicon.

Cesium iodide, CsI, doped with thallium in the form of aiguillettes provides an interesting alternative due to its high performance which is associated with the wave-guiding effect of the aiguillettes; the typical dimension of the sections of the aiguillettes ranges from 3 to 6 micrometers. This material has conventionally been used in the radiographical imaging intensifiers as a substance to be coated on an entrance screen generally made of convex aluminum foil. Technologies by which a bundle of optical fibers is covered with such a material are also known. The aiguillettes are arranged perpendicularly to the surface of their support. They are only partly joined to one another. In addition, the aiguillettes provide a porosity of 20 to 25 %. The pores full of air, in combination with the favorable refractive index (1.78) of CsI, provide the canalization of visible photons emitted from the inside of each aiguillette and thus enhance the sensitivity and resolving power.

However, certain difficulties in the use of CsI as compared with gadolinium oxysulfide exist. Thus, one of its disadvantages is that it tends to rapidly absorb moisture from the surrounding air of the ordinary humidity. This

hygroscopicity will cause a reduction in the quality of the image captured with the sensor. The hygroscopicity produces a halo effect in the first stage and then irreversibly degrades the quality of the aiguillettes; this will result in a loss of both optical efficiency and resolving power of the sensor. It should be noted here that this disadvantage does not exist in the intensifier for radiographical image, because CsI is sealed in the vacuum tube.

On the other hand, thallium, if present even in a trace amount, is highly toxic. The mechanical brittleness of CsI produces dusts and powders; these fragments must be eliminated scrupulously. In some cases, CsI doped with thallium is protected by depositing vaporized aluminum on the surface of the scintillator.

Owing to its mechanical brittleness, CsI must be deposited on a rigid support. The deflection of the support will bring about visible defects to image. This support should normally be subjected, without any deformation, to heat treatment at a temperature in the order of 300°C so as to diffuse the thallium.

The support to be used in the radiographical imaging intensifiers is made of aluminum and is, in some cases, joined with amorphous carbon, or is made even of amorphous carbon because of its very high resistance.

In the fabrication of the intensifying tubes for image, it has been considered to deposit cesium iodide on beryllium. However, beryllium proved to be too expensive.

The object of the present invention is to resolve these problems by depositing a CsI film on a base comprising a block of compressed graphite having preferably a low degree of surface roughness. In the present invention, the graphite to be used for a base is preferably subjected to densification at its surface to eliminate the natural porosity inherent to graphite. This layer thus made denser is then subjected preferably to smoothing to attain a low degree of roughness. It has then been recognized that, when deposited in vapor phase, CsI takes really interesting growth: the aiguillettes are regularly spaced and the surface thus prepared of the scintillator is nearly flat in spite of the defects closely associated with the roughness of the graphite.

If the densification treatment is omitted, a difference in sensitivity will occur in the fabricated sensor. One can try to check it. For example, when the surface of graphite is streaked (for example, with parallel streaks), the presence of the streaks can be recognized in the image obtained after the sensor has been functioned. Particularly in the field of nuclear medicine, it is possible to correct irregularity in different sites by computer processing. In amelioration according to the present invention, the importance of this correction can be decreased by using densification and/or smoothing treatment.

In all the cases, the presence of the graphite base provide a solution to problems due to differential expansion accompanying the diffusion of thallium.

The graphite according to the present invention is different from amorphous carbon in that the former has a porous structure in contrast to the latter, which is highly dense. The graphite is machinable with metallic tools whereas amorphous carbon practically only with diamond tools.

Since cesium iodide is deposited on a machined support which is placed in front of a matrix image detector, it proves to be particularly interesting to use a block of the graphite as the support in the application considered herein.

In contrast to amorphous carbon whose structure is essentially isotropic, the graphite has most frequently not only a porous but also a lamellar structure which permits much more facile machining.

The graphite is prepared by compressing powdered carbon while amorphous carbon is obtained by gas-phase decomposition (pyrolysis) which will lead to the formation of more or less thick layers on a starting support. Thus, it is more facile to prepare machinable blocks from graphite. On the other hand it seems to be more facile to prepare layers of amorphous carbon on surfaces such as the convex surface of the entrance screens of radiographical imaging intensifiers.

Thus, the present invention relates to a photosensitive matrix electronic sensor having a matrix image detector equipped with a scintillator which convert high frequency electromagnetic radiation, typically X-rays, to low frequency electromagnetic radiation, typically visible light, wherein the scintillator comprises a faceplate of cesium iodide placed

on a graphite base which is disposed on the side where the high frequency radiation is received.

The present invention also relates to a process for fabricating a sensor comprising the steps of:

preparation of a graphite base which serves as a support for a scintillator;

smoothing of the graphite base;

vapor-deposition of cesium iodide on the graphite base;

doping of the deposited cesium iodide with thallium;

vapor-depositing under vacuum a synthetic resin layer on the coat of the cesium iodide,

depositing a liquid resin layer for optical coupling on the synthetic resin layer, and

placing of a detector against the liquid resin layer for optical coupling.

The present invention will better be understood by interpreting the following description and examining the attached figures. These description and figures are only illustrative and not restrictive.

The figures illustrate:

Fig. 1 is a schematic representation of the structure of the sensor according to the present invention;

Fig. 2 is a schematic representation of a machine for performing a process for protecting cesium iodide layer.

Fig. 1 shows a photosensitive electronic sensor 1, preferably of the matrix type according to the present invention. The sensor 1 comprises a detector 2 equipped with a scintillator

3. The purpose of this sensor is to convert X-rays 4 or other high frequency radiation (which may also be gamma rays) to low frequency radiation 5. The radiation 5 may also be emitted as a visible spectrum. The radiation 5 can then be detected with a detector 2. The detector 2 can be a conventional type. In the preferred embodiment, the detector 2 is of the CCD type as described below. Each strap of the CCD device constitutes a line of detection points. Juxtaposed straps forms the different lines of a matrix image.

The sensor consists essentially of a faceplate 6 of cesium iodide deposited on a base 7. The base is disposed on the side where X-rays are received. The graphite used according to the present invention is preferably the one having a lamellar structure. This type of graphite is prepared by compressing powdered carbon while heating. The cost of its manufacture, especially that of machining is low, because it can be machined with metallic tools in contrast to the structures of materials based on amorphous carbon; the latter structures can be machined only by using diamond tools.

Thus, the material to be used assumes the constitution of agglomerated minute lamellas 10 which are juxtaposed with one another laterally and vertically. The thickness of the base 7 is, for example, in the order of 500 micrometers. With a larger scintillator, it can be 800 or 2000 micrometers at its maximum; with smaller one it can be 200 micrometers at its minimum. In addition, the graphite has a high permeability to X-rays. It also has an advantage of being black, in other words,

of being able to absorb visible light emitted in its direction from the scintillator; the visible light contributes more greatly to decrease the resolving power of the sensor than to increase its sensitivity. In a preferable embodiment, the size of grains and the length of lamellas of the graphite for use in the base 7 are less than 5 micrometers and preferably in the order of 1 micrometers or less. It should be noticed in fact that if the natural anisotropy of the graphite is not be controlled, it would result the grains of 20 micrometers. In this case, the uniformity of thickness of the CsI layer 6 would become poorer. Correspondingly, greater software correction would be required.

For densification, the base 7 is preferably covered with an amorphous carbon layer 8. The amorphous carbon layer 8 with a thickness of 3 to 20 micrometers fill up the pores 9 which are present at the surface of the base 7 owing to its porous nature. The atoms in the carbon layer 8 differ from those in the base 7 in that the latter layer 7 has a greater degree of porosity and the carbon particles are oriented. In contrast, the amorphous carbon layer 8 is denser and has no structure; in other words, it is not polycrystalline: their atoms are aggregated, but not organized. This amorphous carbon layer is prepared by vapor-deposition in vacuum on the base 7.

As a variant or as a complement, the graphite layer 7 can be subjected beforehand to densification, by impregnation, of the area where the cesium iodide layer 6 is due to be deposited. Such impregnation is performed for example by covering, with

the film of an organic resin, the face of the graphite base 7; the face being due to receive the cesium iodide. The impregnated base is then subjected to heat treatment (1000 ° C). This causes the decomposition of the resin followed by the separation of the carbon atoms in the resin from the hydrogen atoms or others to which they link. These impurities are thus evacuated by evaporation. High temperature also causes the migration, by diffusion, of the carbon atoms into the spaces 11 of the porous base 7. To further densify the surface of the base 7, this impregnation procedure can be repeated in several times. In an embodiment, this operation is repeated four times in succession.

As described above, it can be decided not to prepare the graphite surface too correctly. In this case, it is acceptable to report the essence of images obtained by computer processing and subsequent acquisition of them. In the present invention, preferably smoothing of the surface of the graphite by using a smoothing tool 12 is performed especially after densification. Typically, the smoothing action eliminates the upper layer of the base 7 by a thickness of 5 to 10 micrometers, or the layer 8 if necessary. The layer 8 may be deposited before or after the smoothing. The roughness h of the order of 0.2 to 0.4 is thus obtained. In contrast, without smoothing and especially without densification the natural roughness H can reach 130 micrometers, particularly when the grain size of the graphite is in the order of 20 micrometers.

CsI is then deposited by a conventional method.

Aiguillettes 12 are now obtained. The diameter of their section is in the order of 3 to 6 micrometers. As shown in Fig. 1, the sizes of the sections of the aiguillettes 12 can be different. In an embodiment, the aiguillettes 12 are separated from one another by a space 13 ranging from 1 to 3 micrometers. This space together with the aiguillettes 12 constitutes a face 14 where the medium is changed. The presence of this face 14 in combination with the favorable refractive index enables the optical fiber of the aiguillettes 12 to perform its function effectively. In other words, the conversion of a radiation, that is, the scintillation occurring in an aiguillette emits radiation 5, which is then guided. When this radiation is emitted towards the detector 2, it will normally issue from the tip 15 of the aiguillettes 12. In contrast, if the radiation 5 is emitted obliquely, it reflects inside on the face 14 of the aiguillettes 12 and then comes out finally from the tip 15. The portion emitted towards the base is absorbed by the black base 7. In an embodiment, the CsI layer 6 has a thickness ranging from 100 to 300 micrometers. Typically the thickness is 180 micrometers.

The layer 6 is then doped with thallium by a conventional method.

Finally, the CsI layer 6 thus doped is covered with a protective layer. Considering that a silicone gel would be used as the protective layer 16 in the state of the art and that gadolinium oxysulfide is concerned, the present invention recommends the preparation of the protective layer 6 from a

transparent synthetic polymerized resin. This polymerized resin, although it has the advantages of providing a better airtightness and of preventing the evaporation of particles of CsI or thallium, has the disadvantage of not providing a perfectly smooth external surface. In the present invention, a liquid resin layer 17 for optical coupling with the detector 2 is combined with the protective layer 16. In this way, good airtightness against evaporation of thallium is obtained without a loss of the performance of the sensor.

The figure 2 illustrates a machine for preparing the protective layer 16. This machine is composed of three chambers which are connected to each other in series. Into a first chamber 18, the material for making the resin is introduced in the gross. In a preferable embodiment, such material is di-para-xylylene. This material is evaporated in the chamber 18 at a temperature of 175 ° C under a pressure of one torr (one mmHg). The first chamber 18 communicates to a second chamber 19 in which the vaporized material is pyrolyzed. For example, the vapor of di-para-xylylene is heated to 680 ° C under a pressure of 0.5 torr. The di-para-xylylene is thus pyrolyzed to give a para-xylylene monomer. The para-xylylene thus prepared is introduced into a third chamber 20 at ambient temperature under a very low pressure of 0.1 torr. The para-xylylene is diffused to form the layer 16 on the aiguillettes 12 of the layer 6. The para-xylylene polymerizes to form poly-para-xylylene by condensation. This condensation leads to the formation of bridges over the spaces 13 of the porous

layer of the CsI without penetration of the polymer into the intervals.

Although other synthetic resins than that described above may also be used, the poly-para-xylylene has advantages of having good adhesion to CsI and permitting the formation of bridges over spaces 13 without filling up these spaces. Preferably, the resin to be used should have a refractive index of ranging between 1.78 and 1.45. Thus, this resin having a refractive lower than that of CsI gives an anti-reflective layer in reference to CsI. In an embodiment, the layer 16 has a thickness of 1 to 25 micrometers.

The liquid resin layer 17 is then laid over the protective layer 16 (the layer 17 remains liquid) in order to assure a good optical coupling. This resin has preferably a refractive index lower than 1.45. Such resin is, for example, the one of those used for the constitution of the liquid crystal cells. The thickness of the layer 17 is the same order as that of the layer 16.

The detector 2 is then fixed onto the base 7 by conventional mechanical methods

CLAIMS:

1. A photosensitive matrix electronic sensor comprises an image matrix detector (2) equipped with a scintillator (3) which converts high frequency electromagnetic radiation (4), typically X-rays, to low frequency radiation (5), typically visible light, wherein the scintillator comprises a faceplate (6) made of cesium iodide and supported on a graphite base (7); the graphite being placed on the side where the high frequency radiation is received.
2. The sensor according to claim 1, wherein the scintillator base is made of graphite whose particle size is smaller than 5 micrometers and preferably to or smaller than one micrometer.
3. The sensor according to claim 1 or 2, wherein the base is made of graphite coated with an amorphous carbon layer (8).
4. The sensor according to claim any of claims 1 to 3, wherein the base is made of graphite impregnated with the carbon.
5. The sensor according to any of claims 1 to 4, wherein the faceplate of the scintillator is isolated from an ambient medium with a protective layer (16) of a synthetic resin of preferably the type of poly-para-xylylene, the resin being covered with a liquid layer (17) for optical coupling.
6. The sensor according to claim 5, wherein the resin forming the protective layer has a refractive index ranging from 1.78 to 1.45 so as to provide an anti-reflecting layer.
7. The sensor according to any of claims 1 to 6, comprising:
a graphite base having a thickness of 200 to 2000 micrometers, typically 500 to 800 micrometers;

a faceplate made of cesium iodide having a thickness of 100 to 300 micrometers, typically 180 micrometers; and

a photosensitive resin layer having a thickness of 1 to 25 micrometers.

8. Process for fabricating a sensor comprising the steps of:
preparing a graphite base which is due to function as a support for a scintillator;

smoothing the graphite base;

vapor-depositing cesium iodide on the graphite base;

doping the coat of the cesium iodide with thallium;

vapor-depositing under vacuum a synthetic resin layer on the coat of the cesium iodide;

depositing a liquid resin layer for optical coupling on the synthetic resin layer; and

placing a detector against the liquid resin layer for optical coupling.

9. Process according to claim 8, wherein the graphite surface is coated with a carbon amorphous layer before or after smoothing.

10. Process according to claim 8 or 9, wherein the graphite surface is impregnated before smoothing.

Fig. 1

18 di-para-xylylene	175 °C	1 torr
19 para-xylylene	680 °C	0.5 torr
20 poly-para-xylylene	25 °C	0.1 torr

1/1

FIG.1

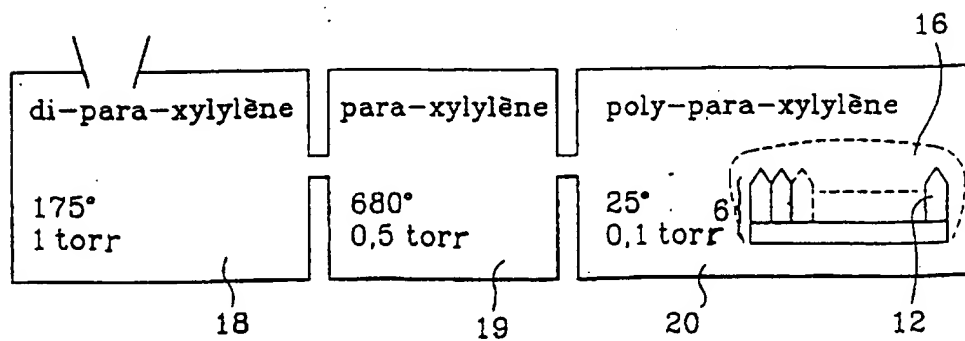
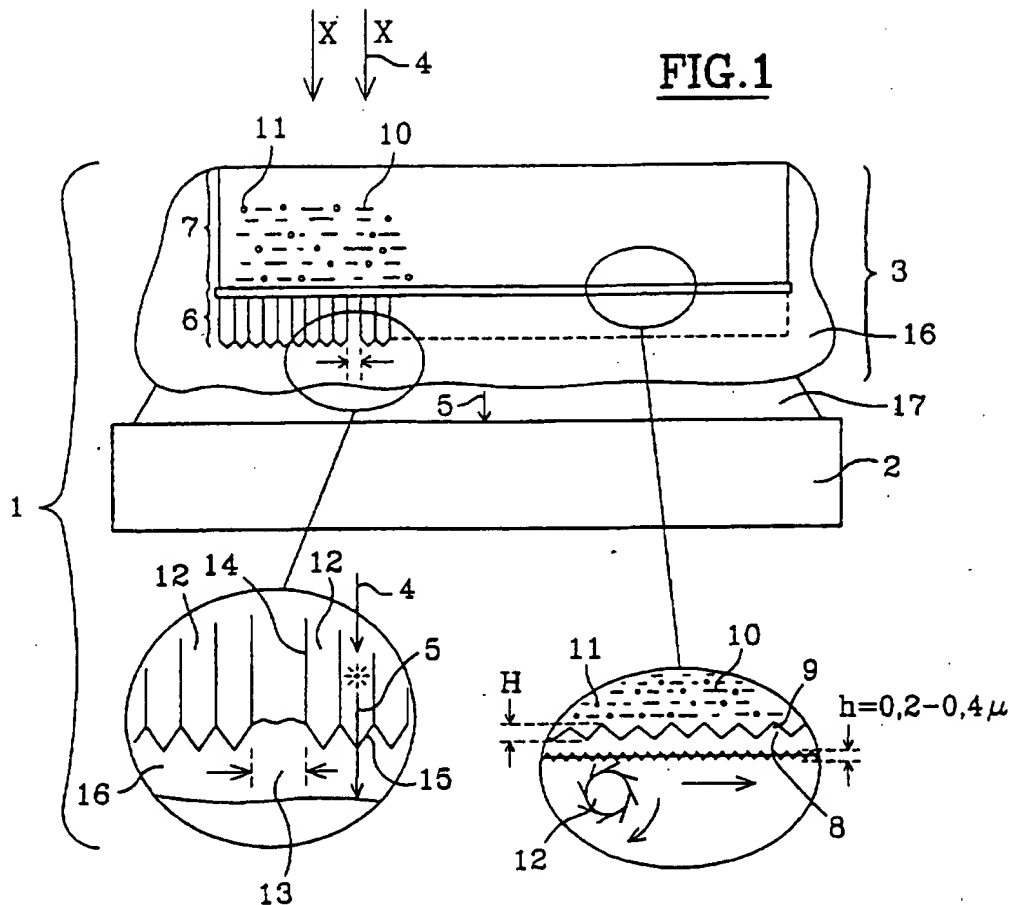


FIG.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/03264

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁶ G01T1/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁶ G01T1/20

U.S. PTO
09/737819
12/18/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 63-215987, A (Hamamatsu Photonics K.K.), 8 September, 1988 (08. 09. 88), Full text ; Figs. 1, 3 (Family: none)	1-8
A	JP, 01-172792, A (Hitachi, Ltd.), 7 July, 1989 (07. 07. 89), Full text ; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Z" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
1 September, 1999 (01. 09. 99)

Date of mailing of the international search report
14 September, 1999 (14. 09. 99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.